

PERBANDINGAN KEKUATAN GESER BRAKET KOMPOSIT DENGAN BRAKET LOGAM PADA GIGI MENGGUNAKAN SEMEN IONOMER KACA POLIMERISASI SINAR

Tryana Nugrahani *, Pinandi Sri Pudyani **

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the shear bond strength of composite brackets and metal brackets to teeth utilizing light cured glass ionomer cement.

Forty extracted maxillary first premolars were selected as subjects in this research. They were divided into two groups. Group I was treated using the composite brackets and group II using the metal brackets. The shear bond strength of each group was measured after 10 minutes and 24 hours of application.

The Pearson Pankee Equipment Ltd was used to test the shear bond strength of the brackets on the teeth. The Zoom Stereo Microscope was used to determine the bracket failure location in accordance to Adhesive Remnant Index (ARI). Two-way Anova was used to determine the comparison of the shear strength of the composite brackets and the metal brackets after 10 minutes and 24 hours using light cured glass ionomer cement. Meanwhile, to determine the bracket failure location, Chi-Square test was conducted.

The result of this study indicated that the shear bond strengths average of the composite brackets was not different from metal brackets ($p>0,05$) at 10 minutes and 24 hours after bonding. Both composite and metal brackets failure location due to shear bond strength test occurred mostly between bonding adhesive and bracket and within the adhesive itself.

PENDAHULUAN

Perkembangan bidang ortodonsia maju dengan pesat baik dalam hal cara perawatan, alat penunjang perawatan, maupun disain dan kualitas bahan untuk perawatan. Salah satu faktor penting dalam keberhasilan perawatan ortodontik adalah kekuatan perekatan braket pada gigi. Selama perawatan ortodontik dan saat pengikatan kawat busur pertama kali, diperlukan kekuatan perekatan yang cukup tinggi agar tahan terhadap kekuatan yang dapat melepaskan braket dari gigi. Pemasangan kawat busur di klinik ortodonsi dilakukan 10 menit setelah perekatan braket. Kekuatan perekatan braket selain ditentukan oleh braketnya sendiri juga oleh bahan perekatnya.¹ Braket logam dipilih dengan alasan lebih murah dan lebih tahan terhadap abrasi. Braket keramik, plastik, ataupun komposit dipilih dengan alasan estetik karena sifat transparannya. Braket komposit banyak dipilih karena selain alasan estetik, harganya pun lebih terjangkau. Berdasarkan alasan tersebut maka braket yang sering dipakai adalah braket logam dan braket komposit.

Sistem perekatan braket menggunakan resin komposit dengan teknik etsa asam telah sering digunakan di klinik, tetapi para ahli mulai mengkhawatirkan akibat yang ditimbulkannya. Masalah tersebut adalah: a) kerusakan email selama etsa dan saat pelepasan braket,^{2,3} b) kesulitan waktu pelepasan braket,⁴ c) dekalsifikasi di bawah braket.^{5,6}

Kerusakan email dan dekalsifikasi akibat pemakaian alat ortodontik cekat dapat diatasi dengan pemberian fluor sebagai pencegahan. Pemberian fluor dapat dilakukan sebelum etsa dan sebelum perekatan braket, atau dengan memilih bahan perekat yang mengandung bahan fluor misalnya semen ionomer kaca. Semen golongan ionomer kaca dapat melepaskan ion fluor sehingga meminimalkan proses dekalsifikasi serta mampu menarik dan melepaskan kembali fluor dari pasta gigi dan obat kumur.^{7,8} Pelepasan braket ortodontik dilakukan lebih mudah dan sisa semen tersebut dapat dibersihkan lebih cepat tanpa merusak email.^{9,10} Sisa semen yang masih menempel pada permukaan gigi dapat dibersihkan dengan skaler, tidak perlu diasah.¹¹

Semen ionomer kaca diperkuat resin polimerisasi sinar atau semen ionomer kaca polimerisasi sinar merupakan pengembangan semen ionomer kaca diperkuat resin dengan penyinaran sehingga menghasilkan peningkatan kekuatan perekatan awal. Polimerisasi semen ionomer kaca polimerisasi sinar merupakan proses ganda, yaitu polimerisasi komponen ionomer kaca dan polimerisasi komponen resin. Polimerisasi komponen ionomer kaca berupa reaksi asam-basa konvensional menghasilkan garam karboksilat dalam bentuk *chelation* yang terjadi saat pencampuran bahan. Polimerisasi komponen resin berupa polimerisasi fotokimiawi resin yang terjadi saat dilakukan penyinaran. Polimerisasi komponen resin oleh penyinaran berperan dalam pengerasan awal semen sedangkan proses polimerisasi komponen ionomer kaca tidak dipengaruhi oleh penyinaran.¹²

**) Bagian Ortodonsia Ladokgi TNI AL RE MARTADINATA

*) Bagian Ortodonsia Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gajah Mada

Fuji Ortho Light Curing (Fuji Ortho LC) merupakan semen ionomer kaca diperkuat resin yang memerlukan penyinaran untuk proses pengerasannya. Komposisi utama Fuji Ortho LC adalah bubuk sebagai basa yang berisi butiran lembut kaca fluoroaluminosilikat, dan cairan sebagai asam yang berisi asam poliakrilik, air, resin monomer dan aktivator. Bahan resinnya merupakan campuran tiga monomer dengan 2-hydroxyethylmethacrylate (HEMA) sebagai bahan utama. HEMA mempersingkat reaksi pengerasan bahan tersebut pada saat penyinaran. Sebagai tambahan, sejumlah kamforokuinon dalam cairan bertindak sebagai fotoinisiator.¹³

Polimerisasi bahan perekat dengan penyinaran terjadi karena penyaluran (*transmitting*) sinar melalui struktur gigi maupun melalui sifat transparan braket keramik.¹⁴ Polimerisasi bahan perekat dengan penyinaran di bawah braket logam dapat terjadi oleh transluminasi (*transillumination*) struktur gigi yang dapat menyalurkan sinar dengan baik.^{15,16} Hitmi, dkk.¹⁷ melakukan penelitian di klinik selama 18 bulan menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar untuk merekatkan braket keramik, logam, dan komposit. Total nilai rata-rata kegagalan rendah (7%) dan total nilai ketahanan cukup baik (91,8%) sehingga dapat diterapkan dalam klinik ortodonti. Urutan nilai rata-rata kegagalan perekatan braket komposit, braket logam dan braket keramik adalah 8,4%, 7,2%, 0,7%. Chaconas, dkk.¹⁸ mengatakan bahwa pengerasan bahan perekat di bawah braket keramik yang transparan akan terjadi dengan lebih baik dibandingkan di bawah braket logam. Braket komposit mempunyai sifat transparan seperti halnya braket keramik, tetapi penelitian tentang kekuatan perekatan braket tersebut dengan bahan perekat semen ionomer kaca polimerisasi sinar belum pernah dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan kekuatan geser antara braket komposit dan braket logam pada permukaan gigi menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar dalam waktu 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket serta mengetahui lokasi kegagalan perekatan braket komposit dan braket logam.

CARA PENELITIAN

Subjek penelitian adalah 40 gigi premolar pertama rahang atas yang telah dicabut, dengan kriteria tidak ada karies atau penambalan, email bagian bukal utuh, tidak demineralisasi, dan tidak ada tanda retak akibat tang cabut. Seluruh subjek penelitian dibagi menjadi 2 kelompok, masing-masing 20 gigi. Kelompok I adalah gigi yang akan direkat braket logam dan kelompok II direkat braket komposit. Selanjutnya kelompok dibagi menjadi 2 waktu penelitian yaitu 10 menit dan 24 jam untuk dilakukan uji kekuatan geser.

Gigi ditanam dalam *self cured acrylic*. Setelah itu direndam dalam larutan garam fisiologis. Kemudian dilakukan perawatan pendahuluan sesuai instruksi pabrik. Gigi dipoles dengan pumis dan air selama 20 detik, selanjutnya dicuci di bawah air yang mengalir dan dikeringkan selama 20 detik. Kondisioner email berisi asam poliakrilik 10% diaplikasikan pada email permukaan bukal gigi premolar selama 20 detik. Kemudian gigi-gigi tersebut dicuci lagi selama 20 detik dan dikeringkan dengan kapas gulung. Sebagai standarisasi posisi braket, luas dasar braket digambar dengan pensil setinggi 4 mm dari oklusal, ditengah-tengah permukaan bukal dan sejajar akar gigi.

Bubuk dan cairan semen ionomer kaca polimerisasi sinar diaduk dengan pengaduk plastik pada *paper pad* selama 20 detik sesuai anjuran pabrik. Semen yang telah diaduk diletakkan pada dasar braket dengan tangkai plastik. Braket direkatkan dengan penekanan pada gigi dengan bantuan pinset braket pada posisi yang telah ditentukan. Kelebihan semen yang keluar dari dasar braket dibersihkan dengan skaler tajam. Dilakukan penyinaran dari arah bukal, selama 40 detik setiap gigi dengan jarak 1-2 mm dari braket. Kelompok yang akan dilakukan tes kekuatan geser pada 24 jam sesudah dilakukan perekatan (20 sampel), dibungkus kain kasa dan direndam dalam larutan fisiologis pada suhu kamar selama 24 jam.

Pengukuran kekuatan geser dilakukan dengan alat *Pankee Pearson Testing Machine* di Laboratorium Bahan dan Logam Fakultas Teknik Mesin UGM. Lokasi kegagalan perekatan braket diamati dengan alat mikroskop *Zoom Stereo Olympus* di Laboratorium Metalurgi D3 Fakultas Teknik Mesin UGM. Kekuatan pelepasan braket berupa kekuatan geser dinyatakan dengan satuan Mpa. Untuk mengetahui lokasi kegagalan perekatan braket, permukaan gigi diperiksa di bawah mikroskop zoom stereo tipe SZ 1145 TR merk Olympus, Japan dengan perbesaran 10 x kemudian ditentukan nilai *Adhesive Remnant Index (ARI)*.

ARI digunakan untuk penilaian sisa bahan perekat yang menempel pada permukaan gigi setelah pelepasan braket. Nilai ARI berkisar antara 0 – 3.¹⁹ Bishara, dkk.,²⁰ mengembangkan ARI tersebut dengan nilai berkisar antara 1 – 5. Urutan nilai ARI antara 1 sampai 5, yaitu 1 menunjukkan semua bahan perekat menempel pada permukaan gigi, dengan gambaran dasar braket tercetak pada bahan perekat; 2 menunjukkan lebih dari 90% bahan perekat menempel pada permukaan gigi; 3 menunjukkan lebih dari 10% dan kurang dari 90% bahan perekat menempel pada permukaan gigi; 4 menunjukkan kurang dari 10% bahan perekat menempel pada permukaan gigi; 5 menunjukkan tidak ada bahan perekat menempel pada permukaan gigi. Nilai ARI tersebut memberikan penilaian yang lebih lengkap dalam menentukan lokasi kegagalan perekatan

braket antara permukaan gigi, bahan perekat dan dasar braket.²⁰

Untuk mengetahui perbedaan kekuatan geser sebagai perekat braket komposit dan braket logam menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar pada waktu 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket digunakan Anava dua jalur. Untuk mengetahui lokasi terjadinya kegagalan perekatan braket komposit dan braket logam dilakukan penilaian dengan ARI dan untuk mengetahui prosentase lokasi kegagalan perekatan braket digunakan uji Chi Square.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil rerata, simpang baku kekuatan geser braket logam dan braket komposit dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata, simpang baku kekuatan geser braket komposit dan braket logam pada 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket (Mpa)

JENIS BRAKET	BRAKET KOMPOSIT			BRAKET LOGAM		
	n	Rerata (MPa)	SB	n	Rerata (MPa)	SB
WAKTU						
10 menit	10	1,716	0,396	10	1,741	0,743
24 jam	10	1,778	0,442	10	1,839	0,691

Keterangan :

n : Jumlah sample

SB : Simpang baku

Untuk membandingkan rata-rata kekuatan geser pada interaksi antara kedua jenis braket dan kedua waktu penelitian dilakukan dengan anava dua jalur (tabel 2).

Tabel 2. Anava dua jalur untuk mengetahui perbedaan kekuatan geser antara braket komposit dengan braket logam dalam waktu penelitian (10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket).

Uji Kekuatan	F	P
Kekuatan Geser	0,010	0,921

Dengan Anava dua jalur diketahui bahwa kekuatan geser pada braket komposit maupun pada braket logam dalam waktu 10 menit dibandingkan dengan 24 jam setelah perekatan braket tidak berbeda bermakna ($p > 0,05$). Kekuatan geser braket komposit pada 10 menit setelah perekatan braket menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar didapatkan nilai 1,7163 Mpa, yaitu 96,54% dari nilai pada 24 jam setelah perekatan braket (1,7779 Mpa), sedangkan kekuatan

geser braket logam didapatkan nilai 1,7407 Mpa yaitu 94,64% dari nilai pada 24 jam setelah perekatan braket (1,8393 Mpa). Hal ini sesuai dengan penelitian Compton, dkk.²¹ yaitu kekuatan geser braket logam menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar pada 1 jam telah mencapai nilai 97% dari nilai yang didapatkan pada 24 jam.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna antara kekuatan geser braket komposit dibandingkan braket logam pada permukaan gigi dengan menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar baik dalam waktu 10 menit maupun 24 jam setelah perekatan braket. Beberapa ahli mengatakan bahwa polimerisasi bahan perekat dengan penyinaran terjadi karena 1) sinar diterima melalui ruang antara bahan perekat dengan braket²⁰ ; 2) oleh transluminasi struktur gigi^{14,15,16} ; dan 3) melalui sifat translusen braket keramik.¹⁴ Chaconas, dkk.¹⁸ dalam penelitian menggunakan braket keramik, mengatakan bahwa pengerasan bahan perekat resin komposit di bawah braket keramik yang translusen lebih baik dibandingkan di bawah braket logam. Hal ini mungkin disebabkan adanya perbedaan kejernihan (*clarity*) atau translusen (*translucency*) di antara braket-braket translusen tersebut berdasarkan perbedaan bahan dasar braket. Braket keramik kristal tunggal lebih jernih dibandingkan dengan braket keramik poli kristal.²² Braket komposit pada penelitian ini merupakan perpaduan antara bahan plastik sebagai matrik yang diperkuat dengan tambahan bubuk keramik poli kristal.²³ Kemungkinan dengan adanya perbedaan kejernihan antara braket keramik dan braket komposit tersebut maka kekuatan perekatan braket komposit pada penelitian ini tidak sesuai dengan yang diharapkan yaitu lebih tinggi daripada braket logam.

Kekuatan geser pada penelitian ini jauh di bawah nilai yang dianjurkan oleh Reynold²⁴ yaitu 60-80 kg/cm² (6-8 Mpa). Kusy²⁵ mempertanyakan kembali sampai seberapa besar kekuatan perekatan braket yang diperlukan. Menurut Wheeler dan Ackerman²⁶ gaya maksimal dalam bidang ortodonsia untuk menggerakkan gigi adalah tidak lebih dari 1 pound. Gaya tersebut setara dengan 0,454 kg atau 4,452 N. Gaya optimal dalam menggerakkan gigi untuk tipe gerakan *tipping* adalah 50 – 75 gram, *bodily* sebesar 100 – 150 gram, *root uprighting* sebesar 75 – 125 gram, rotasi sebesar 50 – 100 gram, ekstrusi sebesar 50 – 100 gram, dan intrusi adalah 15 – 25 gram.²⁷ Besar gaya untuk menggerakkan gigi tersebut berkisar antara 15 – 150 gram setara dengan 0,015 – 0,15 kg atau 0,490 – 1,471 N. Menurut Fletcher gaya elastik intermaksiler untuk setiap sisi yang direkomendasikan adalah sebesar 60 – 70 gram setara dengan 0,588 – 0,686 N. Dari gaya yang dianjurkan tersebut di atas, nilai yang terbesar adalah 4,452 N. Bila diterapkan dalam penelitian ini, maka untuk dapat menahan gaya sebesar 4,452 N pada braket komposit

akan diperlukan kekuatan perekatan sebesar 0,410 Mpa, sedangkan pada braket logam diperlukan kekuatan perekatan sebesar 0,318 Mpa. Jika nilai tadi dibandingkan dengan rerata hasil penelitian kekuatan perekatan geser braket komposit pada 10 menit (1,72 Mpa) dan braket logam dalam waktu yang sama (1,74 Mpa), maka nilai tersebut masih di bawah nilai yang didapatkan pada penelitian ini. Artinya kekuatan geser braket komposit dan braket logam menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar dalam waktu 10 menit pada penelitian ini mampu menahan gaya yang diberikan dalam bidang ortodonsia. Meskipun uji geser pada penelitian ini menunjukkan nilai yang rendah, namun masih mampu menahan gaya yang diperlukan untuk menggerakkan gigi.

Lokasi kegagalan perekatan braket komposit dan braket logam setelah dilakukan uji kekuatan geser dalam waktu 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket dapat diketahui dari nilai *ARI* pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Nilai *Adhesive Remnant Index (ARI)*

	Nilai <i>ARI</i>					N
	1	2	3	4	5	
Braket logam						
- 10 menit (n)	0	6	3	1	0	10
- 24 jam (n)	2	2	6	0	0	10
Braket Komposit						
- 10 menit (n)	3	3	4	0	0	10
- 24 jam (n)	0	6	4	0	0	10

Keterangan

Nilai *ARI* :

- 1 : Semua bahan perekat menempel pada permukaan gigi, dengan gambaran dasar braket tercetak pada bahan perekat
- 2 : Lebih dari 90% bahan perekat menempel pada permukaan gigi
- 3 : Lebih dari 10 % dan kurang dari 90 % bahan perekat menempel pada permukaan gigi
- 4 : Kurang dari 10 % bahan perekat menempel pada permukaan gigi
- 5 : Tidak ada bahan perekat menempel pada permukaan gigi

Nilai *ARI* pada tabel 3 kemudian dikelompokkan menjadi 3 lokasi kegagalan perekatan braket, yaitu antara email dengan bahan perekat (nilai 4 dan 5), pada bahan perekat (nilai 3) dan antara bahan perekat dengan dasar braket (nilai 1 dan 2)²⁸ seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Distribusi lokasi kegagalan perekatan braket komposit dan braket logam setelah dilakukan uji kekuatan geser dalam waktu 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket

			B. Perekat - email	B. Perekat - b. perekat	B. Perekat - braket	n
			Σ (%)	Σ (%)	Σ (%)	
Uji geser	Braket komposit	10 menit	-	4(40 %)	6 (60 %)	10
		24 jam	-	4 (40 %)	6 (60 %)	10
	Braket logam	10 menit	1 (10 %)	3 (30 %)	6 (60 %)	10
		24 jam	-	6 (60 %)	4 (40 %)	10
Jumlah sampel (u geser)			1 (2,5 %)	17 (42,5 %)	22 (55 %)	40

Dengan analisis Chi-square diketahui bahwa lokasi kegagalan perekatan braket setelah uji kekuatan geser pada waktu 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket, tidak didapatkan perbedaan yang bermakna dengan nilai p 0,311 ($p > 0,05$). Demikian juga antara braket komposit dan braket logam dengan nilai p 0,538 ($p > 0,05$). Lokasi kegagalan perekatan braket komposit dan braket logam setelah uji kekuatan geser antara pengukuran waktu 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket sebagian besar terjadi antara bahan perekat dengan braket dan antara bahan perekat itu sendiri. Hasil tersebut sesuai dengan yang didapatkan Cohen²⁹ dan Compton, dkk.²¹

Dari banyaknya semen yang menempel pada permukaan email gigi setelah dilakukan uji geser dapat dijelaskan bahwa semen ini mampu merekat secara kimiawi pada email dengan baik. *Chelation* karboksilat semen berikatan secara kimiawi dengan gigi.³⁰ Bahan tersebut membentuk ikatan ionik yang kuat dengan ion kalsium pada permukaan apatit gigi³¹ dan terjadi perpindahan fosfat dari permukaan apatit gigi.³²

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Tidak ada perbedaan kekuatan geser braket komposit dibandingkan braket logam pada permukaan gigi dengan menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar dalam waktu 10 menit dan 24 jam setelah perekatan braket
2. Lokasi kegagalan perekatan braket komposit dan braket logam menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar dalam waktu 10 menit dan 24 jam setelah uji geser sebagian besar terjadi di antara

bahan perekat dengan braket serta di dalam bahan perekat itu sendiri.

3. Kekuatan geser braket komposit dan braket logam menggunakan semen ionomer kaca polimerisasi sinar dalam waktu 10 menit dan 24 jam pada penelitian ini mampu menahan gaya yang diperlukan untuk menggerakkan gigi. Dengan demikian semen ini dapat digunakan di dalam klinik.

Kekuatan perekatan braket dipengaruhi oleh persiapan permukaan gigi, bahan perekat dan jenis serta bentuk retensi braket. Kekuatan perekatan yang lebih tinggi ataupun lebih rendah dari hasil penelitian ini kemungkinan dapat diperoleh pada penelitian berikutnya melalui peningkatan atau penurunan kemampuan perekatan semen terhadap retensi dasar braket. Maka perlu dilakukan penelitian laboratorium lebih lanjut untuk mengamati kemampuan perekatan semen ionomer kaca polimerisasi sinar terhadap bermacam-macam jenis braket maupun disain retensi dasar braket ortodonsi pada gigi serta perbedaan cara penyinaran

DAFTAR PUSTAKA

1. Mitchell, C. A., O'Hagan, E., and Walker, J. M., Probability of Failure of Orthodontic Brackets Bonded with Different Cementing Agents, *Dent. Mat.*, 1995, 11: 317 – 322
2. Fitzpatrick, D. A. and Way, D. C., The Effect of Wear, Acid Etching, and Bond Removal on Human Enamel, *Am. J. Orthod.*, 1977, 72: 671 – 681
3. Diedrich, P., Enamel Alterations from Bracket Bonding and Debonding: A Study with The Scanning Electron Microscope, *Am. J. Orthod.*, 1981, 79: 500 – 522
4. Gwinnett, A. J. and Gorelick, L., Microscopic Evaluation of Enamel after Debonding: Clinical Application, *Am. J. Orthod.*, 1977, 71: 651 – 665
5. Gorelick, L., Geiger, A. M., and Gwinnett, A. J., Incidence of White Spot Formation after Bonding and Banding, *Am. J. Orthod.*, 1982, 81: 93 – 98
6. O'Reilly, M. M. and Featherstone, J. D., Demineralization and Remineralization around Orthodontic Appliances An in Vivo Study, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 1987, 92: 33 – 40
7. Caccifiesta, V., Bosch, C., and Melsen, B., Clinical Comparison Between A Resin Reinforced Self Cured Glass Ionomer Cement and A Comparison Resin for Direct Bonding of Orthodontic Brackets, Part I: Wetting with Water, *Clin. Orth. Res.*, 1998, 1: 29 – 36
8. McNeil, C. J., Wiltshire, W. A., Dawes, C., and Lavelle, C. L. B., Fluoride Release from New Light-Cured Orthodontic Bonding Agents, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 2001, 120: 392 – 397
9. White, L.W., Glass Ionomer Cement, *J. Clin. Orthod.*, 1986, 20: 387 – 391
10. Oestman-Andersson, E., Marcusson, A., and Horstedt, P., Comparative SEM Studies of The Enamel Surface Appearance Following The Use of Glass Ionomer Cement and A Diacrylate Resin for Bracket Bonding, *Swed. Dent. J.*, 1993, 17: 139 – 146
11. Jobalia, S. B., Valente, R. M., de Rijk, W. G., BeGole, E. A., and Evans, C. A., Bond Strength of Visible Light-Cured Glass Ionomer Orthodontic Cement, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 1997, 112: 205 – 208
12. Ishikawa, H., Komori, A., Kojima, I., and Ando, F., 2001, Orthodontic Bracket Bonding with A Plasma-Arc Light and Resin-Reinforced Glass Ionomer Cement, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 120: 58 – 63
13. Silverman, E., Cohen, M., Demke, R. S., and Silverman, M., A New Light-Cured Glass Ionomer Cement that Bonds Brackets to Teeth without Etching in The Presence of Saliva, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 1995, 108: 231 – 236
14. Zachrisson, B. U., Bonding in Orthodontics, dalam: Graber, T. M. and Vanarsdall, R. L., 2000, *Orthodontics Current Principles and Techniques*, The C. V. Mosby Co., St. Louis, 2000, 571 – 576
15. Tavas, M. A. and Watts, D. C., Bonding of Orthodontic Bracket by Transillumination of A Light Activated Composite: An in Vitro Study, *Br. J. Orthod.*, 1979, 6: 207 – 208
16. Read, M. J. F., The Bonding of Orthodontic Attachments Using A Visible Light Cured Adhesive, *Br. J. Orthod.*, 1984, 11: 16 – 20
17. Hitmi, L., Muller, C., Mujajic, M., and Attal, J. P., An 18-month Clinical Study of Bond Failures with Resin-Modified Glass Ionomer Cement in Orthodontic Practice, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 2001, 120: 406 – 415
18. Chaconas, S. J., Caputo, A. A., and Niu, G. S., Bond Strength of Ceramic Bracket with Various Bonding System, *Angle Orthod.*, 1991, 61: 35 – 45
19. Artun, J. and Bergland, S., Clinical Trials with Crystal Growth Conditioning as An Alternative to Acid-etch Enamel Pretreatment, *Am. J. Orthod.*, 1984, 85: 333 – 340

20. Bishara, S. E., Olsen, M., and Von Wald, L., Comparison of Shear Bond Strength of Precoated and Uncoated brackets, *Am. J. Orthod., Dentofac. Orthop.*, 1997, 112: 617 – 621
21. Compton, A. M., Meyers, C. E., Hondrum, S. O., and Lorton, L., Comparison of The Shear Bond Strength of A Light-Cured Glass Ionomer and A Chemically Cured Glass Ionomer for Use as An Orthodontic Bonding Agent, *Am. J. Orthod., Dentofac. Orthop.*, 1992, 101: 138 – 144
22. Swartz, M. L., Ceramic Brackets, *J. Clin. Orthod.*, 1988, 22: 82 – 88
23. Matasa C. G., Biomaterials in Orthodontics, dalam: Graber, T. M., and Vanarsdall, R. L. (eds), *Orthodontics Currents Principles and Techniques*, C.V., Mosby Co., St. Louis, 2000, 305 – 338
24. Reynold, I. R., Review of Direct Orthodontic Bonding, *Br. J. Orthod.*, 1975, 2: 171 – 178
25. Kusy, R. P., Commentary on Dr. Wiltshire's article: When is Stronger Better ?, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 1994, 106: 17A
26. Wheeler, J. J. and Ackerman R.J., Bond Strength of Thermally Recycled Metal Brackets, *Am. J. Orthod.*, 83: 181 – 186
27. Proffit, W. R. and Fields, H. W., *Contemporary Orthodontics*, The C.V. Mosby Co., St. Louis, 1993, 385 – 402
28. Bishara, S. E., Von Wald, L., Laffon, J. F., and Jacobsen, J. R., Effect of Altering The Type of Enamel Conditioner on The Shear Bond Strength of A Resin-Reinforced Glass Ionomer Adhesive, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 2000, 118: 288 – 294
29. Cohen, S. M., Maruli, R., Binder, R. E., and Vaidyanathan, T. K., Shear Bond Strengths of Chemically and Light-Cured Resin-Modified Ionomer, *J. Clin. Orthod.*, 1998, 7: 423 – 426
30. Wilson, A. D. and Kent, B. E., A New Translucent Cement for Dentistry, *Br. Dent. J.*, 1972, 15: 133 – 153
31. Ten Huisen, K. S., and Brown P. W., The Formation of Hydroxyapatite-Ionomer Cement at 38° C, *J. Dent Res.*, 1994, 73: 598 – 606
32. Wilson, A. D., Prosser, H.J., and Powis, D.M., Mechanism of Adhesion of Polyelectrolyte Cements to Hydroxyapatite, *J. Dent Res.*, 1983, 62: 590 – 592